Ueber den

Einfluss des Alkohols

auf die

Muskelermüdung.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

Hohen medicin. Facultät

der

Kgl. bayer. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

vorgelegt

von

Karl Heck

appr. Arzt

aus **Zweibrücken.**

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

WÜRZBURG.

Memminger's Buchdruckerei und Verlagsanstalt.

1899.

REFERENT:

Herr Professor Dr. FICK.

Seiner lieben Mutter

in

Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549807_0270

Nachdem *Angelo Mosso* gelehrt hat mit Hülfe seines Ergographen die Arbeit bestimmter Muskelgruppen am Menschen exakt zu messen und so der Physiologie ermöglichte nicht nur am isolirten Muskel, sondern auch an Warmblütern myologische Versuche anzustellen, hat dieser Apparat teils zu therapeutischen Zwecken, besonders aber um den Heilungsverlauf gelähmter Muskeln in Hinsicht auf ihre Leistungsfähigkeit besser kontrolliren zu können, auch in medicinischen Kliniken Eingang gefunden. Es handelt sich bei dem Ergographen darum, die Arbeitsleistung eines Muskels bis zu seiner völligen Erschöpfung direkt aufzuzeichnen. Prof. *Mosso* wählte hiezu als ihm am geeignetsten erscheinend die Beuger des Mittelfingers. Unterarm und Hand werden mit Ausnahme des Mittelfingers in einer einem Schraubstock ähnlichen Vorrichtung fixirt; mit dem Finger steht durch eine Saite, die über eine Rolle geführt ist, die zu hebende Last in Verbindung. Um die Höhen, auf welche die Last jedesmal gehoben wird, besser registriren zu können, ist an der Saite eine Schreibvorrichtung angebracht, indem durch einen Federkiel

die Hubhöhen auf eine berusste Trommel übertragen werden.

Dr. *Frey* machte nun in der medicinischen Klinik in Bern von diesem Apparate mit geringen Abänderungen Gebrauch, um den Heilungsverlauf einer Parese des rechten Armes zu beobachten. Während die Kurven des linken Armes sich nahezu gleich blieben, was mit der von Prof. *Mosso* aufgestellten Behauptung übereinstimmt, dass jedes Individuum eine für sich mehr oder weniger typische Ermüdungskurve habe, konnte *Frey* bei dem rechten Arme täglich eine höhere Arbeitsleistung konstatiren, bis nach kurzer Zeit der rechte Arm dem linken fast an Kraft gleich kam, wobei die Ermüdungskurve einen ganz ähnlichen Charakter zeigte wie die des linken Armes. Um so auffälliger musste es sein, als eines Tages der Patient eine Kurve zog, die zwar in ihrem Charakter genau der vorhergehenden entsprach, jedoch war die Arbeitsleistung eine geringere. Da auch bei dieser Kurve mit der gleichen Sorgfalt experimentirt wurde wie früher, so blieb nichts anderes übrig, als den Grund für die geringere Arbeitsleistung bei dem Patienten selbst zu suchen, der denn auch zugab, vor einiger Zeit 1 Liter Bier getrunken zu haben.

Frey glaubte nun, weil kein anderer Grund für die Veränderung der Ermüdungskurve zu finden war, den Biergenuss dafür verantwortlich machen zu müssen, was ihn auch zu seinen Versuchen über den Einfluss des Alkohols auf die Ergographenkurve veranlasste.

Von der Annahme ausgehend, dass die Wirkung

des Alkohols auf den nicht ermüdeten und ermüdeten Muskel eine verschiedene sein könnte, behandelte *Frey* beide Fragen getrennt und stellte zunächst Versuche an über den Einfluss alkoholischer Getränke auf den in voller Kraft arbeitenden Muskel. Die von Prof. *Mosso* festgestellte Thatsache berücksichtigend, dass jedes Individuum eine charakteristische Ermüdungskurve habe, suchte er von jeder Versuchsperson eine Normalkurve zu erhalten, mit der er dann später die Ermüdungskurve nach Alkoholgenuss verglich. Die von *Frey* angestellten Versuche ergaben mit Ausnahme von zweien, dass die Ermüdungskurve nach Alkoholaufnahme im Vergleich mit der Normalkurve eine Arbeitsminderleistung aufweist, sowohl was die einzelnen Hubhöhen als auch die Gesamtarbeit betrifft. Dasselbe Resultat ergaben Controllversuche, die *Frey* an sich selbst anstellte, nachdem er sich 6 Wochen lang jeglichen Alkoholgenusses enthalten hatte, sowie eine andere Reihe von Experimenten, die auf der von *A. Maggiora* aufgestellten Behauptung beruhen, dass die Muskeln der Hand einen Rhythmus von 10 Sekunden nötig haben, um sich vollständig zu erholen und so für unbegrenzte Zeit arbeiten zu können; auch hier konnte durch den Einfluss des Alkohols eine wesentliche Verminderung der Arbeitsleistung konstatirt werden. *Frey* beobachtete bei einem seiner Versuche noch eine weitere Wirkung des Alkohols, die zu hebende Last schien ihm nämlich bedeutend leichter; auf seine Erkundigungen bei anderen Versuchspersonen erhielt er die gleichen Aussagen. Es kam also nach Alkoholgenuss die Schwere der zu verrichtenden Arbeit weniger zum Bewusstsein, die Arbeit erschien

leichter, wenn auch trotzdem meistens die Gesamtarbeit eine Minderleistung aufwies. In den nun folgenden Versuchen über die Wirkung des Alkohols auf den ermüdeten Muskel glaubte *Frey* denselben günstigen Einfluss wie ihn *Mosso* für Zucker so auch für Alkohol nachweisen zu können. Er brachte dabei dieselbe Methode wie ebengenannter Autor in Anwendung, das heisst er verkürzte die Pausen zwischen den einzelnen Kurven, so dass sich der Muskel nicht wieder vollständig erholen konnte, bis er schliesslich trotz aller Kraftanstrengung keiner weiteren Arbeitsleistung mehr fähig war; alsdann liess er die Versuchsperson Alkohol nehmen und beobachtete nun die Wirkung desselben.

Er führt dann eine Reihe von Versuchen an, die er an sich selbst anstellte, deren Resultate konstant mit denen anderer Versuchspersonen übereinstimmen. In der That zeigen die mit Cognac, Bier, Wein, absolutem Alkohol angestellten Versuche eine geradezu verblüffende Mehrleistung, sowohl was die einzelnen Hubhöhen, als auch die Gesamtarbeit anbelangt, ein Resultat, das noch auffallender ist, da *Frey* jeden Einfluss von Suggestion absolut von der Hand weist.

Sollten aber die von *Dr. Frey* gemachten Beobachtungen für das praktische Leben Verwendung finden, so fragte es sich, ob durch die Alkoholwirkung der Muskel nicht zu einer lezten Arbeitsleistung veranlasst würde, der dann eine um so gründlichere Ermüdung folgt, oder ob die günstige Wirkung noch längere Zeit nachhält. Auch dies will *Frey* durch einen Versuch nachgewiesen haben, aus dem hervor-

geht, dass der Muskel durch mässige Dosen Alkohol ebenso lange und ebenso viel Arbeit leistet, bis er den früheren Grad der Ermüdung erreicht hat, als er vor dem Alkoholgenuss zu leisten im Stande war, wobei jedoch die maximale Einzelleistung des intackten Muskels nicht erreicht, das Plus an Arbeit aber durch längere Ausdauer gewonnen wurde.

Frey behandelt nun weiter die Frage, durch welche Vorgänge der Alkohol wirkt. Dass bei seinen Versuchen Suggestion im Spiele gewesen sei, stellt *Frey* direkt in Abrede, denn nach seiner Meinung ist es unmöglich, dass durch diese eine derartige Uebereinstimmung der Resultate bei den verschiedensten Versuchspersonen erzielt worden wäre. Am ehesten glaubt er an Resorptionsvorgänge denken zu können, wofür auch der Umstand spricht, dass eine bestimmte Zeit verlaufen muss, bis eine Wirkung des Alkohols konstatirt werden kann, wie es ja auch bei Zucker der Fall war, der nach ungefähr der gleichen Zeit wirkte.

Bei einer weiteren Reihe von Experimenten versuchte *Frey* den Einfluss des menschlichen Willens auszuschliessen, indem er auf den ermüdeten und nicht ermüdeten vom Alkohol beeinflussten Muskel den Induktionsstrom einwirken liess; er wollte auf diese Art den Angriffspunkt der beim Alkohol wirksamen Faktoren feststellen. Aus seinem Versuche gewann er die Ueberzeugung, dass es sich um eine Doppelwirkung handle, nämlich um die eines negativen Faktors, die sich geltend macht in einem lähmenden Einfluss auf das Nervensystem, sowohl

central (Lähmung des Ermüdungsgefühles) als auch peripher (Herabsetzung der Erregbarkeit des Muskels), und um die eines positiven Faktors, die in der Zufuhr von neuem Brennmaterial zum Muskel besteht, wobei die Wirkung des positiven Faktors die des negativen bedeutend überwiegt.

Frey sucht ferner noch die Frage zu lösen, warum die gleiche Dosis Alkohol beim ermüdeten Muskel einen günstigen Einfluss ausübt, beim nicht ermüdeten aber gerade das Gegenteil bewirkt. Er nimmt an, dass der nicht ermüdete Muskel ein bestimmtes Arbeitsmaximum leisten kann, welches er trotz weiterer Zuführung von Brennmaterial zu übersteigen nicht im Stande ist. Dabei geht er vom Zucker aus, und sagt, die günstige Wirkung des Zuckers auf den ermüdeten Muskel haben wir beobachtet; ist die Annahme richtig, dann kann der Zucker beim nicht ermüdeten Muskel auch keine günstige Wirkung hervorbringen, was sich auch in einem von ihm angeführten Versuche bestätigt findet. Er schliesst dann weiter, das Gleiche gilt für den Alkohol, und zwar um so eher, als der Alkohol neben der arbeitssteigernden auch noch eine lähmende Wirkung auf das Nervensystem hat, und die letztere um so mehr zur Wirkung kommt als der positive Faktor unwirksam ist, wie dies beim nicht ermüdeten Muskel zutrifft.

Am Schlusse seiner Abhandlung fast *Frey* nochmals kurz die erhaltenen Resultate zusammen.

1.) Bei dem nicht ermüdeten Muskel verursacht der Alkohol eine Verminderung der Einzelleistung in

Folge einer Herabsetzung der peripheren Erregbarkeit des Nervensystems.

2.) Beim ermüdeten Muskel steigert der mässige Alkoholgenuss die Arbeitsleistung bedeutend, indem durch den Alkoholgenuss dem Muskel neue Spannkräfte zugeführt werden. Der Alkohol hat also auch ernährende Eigenschaften.

Es sind hier von seinen Resultaten nur die angeführt, die uns direkt beschäftigen werden, und von denen ist es besonders die zweite Behauptung, deren Richtigkeit hier geprüft werden soll.

Gegen die von Dr. *Frey* aufgestellten Behauptungen lassen sich nun folgende von Prof. *Fick* schon erhobenen Bedenken anführen.

Aus den Untersuchungen von Prof. *Fick* und *Wislicenus* geht hervor, dass es stickstofffreie Verbindungen sind, welche als krafterzeugendes Brennmaterial im Körper verbrennen, Kohlehydrate (Zucker oder Glykogen.)

Zugegeben, dass auch der Alkohol als solches dienen könne, weiterhin zugegeben, dass von einer in den Magen gebrachten Alkoholmenge in kurzer Zeit etwas resorbirt wird, so dürfte es trotzdem kaum möglich sein die bedeutende Steigerung der Leistungsfähigkeit des Muskels schon eine Minute nach Aufnahme geringer Alkoholmengen, wie es *Frey* beobachtet hat, der Zunahme des Muskels an Spannkraft zuzuschreiben. Eine Stütze fände diese Erklärung in der Annahme, dass durch die vorausgegangene Arbeit des Muskels der Gehalt der ganzen Blutmasse an Brennmaterial stark vermindert worden

wäre, so dass durch Resorption von Zucker oder Alkohol der Verlust an Spannkraft bis zu fast normalen Verhältnissen wieder ersetzt worden wäre, und so der Muskel durch die verbesserte Blutmischung eine grössere Leistung entwickeln könne.

In Anbetracht der geringen Muskelmasse, welche bei *Frey's* Versuchen zur Verwendung kam, ist dies jedoch kaum glaublich. Dass die von *Frey* in seinen Versuchen beobachteten Unterschiede in der Leistungsfähigkeit des Muskels nicht auf einer ausgesprochenen Veränderung in der chemischen Zusammensetzung der Blutmasse oder auf Verarmung an Brennmaterial beruhe, lässt sich auch aus irgend einem der von *Frey* angestellten Zuckerversuche berechnen.

In einem Versuche *Frey's* hat der Muskel eine Arbeit von 2,856 — 2,9 kgm. geleistet. Die Verbrennungswärme des Zuckers beträgt 4 cal. und eine Wärmemenge von 1 cal. ist äquivalent einer Arbeit von 425 kgm. 2,9 kgm. entsprechen der Wärmemenge, die durch Verbrennung von 1,7 mgr. Zucker frei wird. Da nun aber nicht der ganze Effekt der im menschlichen Körper zur Wirksamkeit kommenden Verbrennungswärme zur Ueberwindung äusserer Widerstände verwendet wird, so wollen wir annehmen, dass 6 mgr. Zucker verbrennen müssen, damit der Muskel eine Arbeit von 2,9 kgm. leisten kann. Die ganze Blutmenge der Versuchsperson mag 5 kgr. und der normale Zuckergehalt 0,15 % betragen; der Zuckergehalt des Blutes berechnet sich dann auf 7,5 gr. Nun ist einerseits wohl denkbar, dass die

zur Arbeitsleistung verwendeten 6 mgr. Zucker im Laufe einer Minute nach Aufnahme von Zucker oder Alkohol durch Resorption wieder ersetzt sein können, und so der Zuckergehalt des Blutes wieder der normale wäre, was für *Frey's* Auffassung spricht. Es ergibt sich aber anderseits aus der Betrachtung, dass die bei *Frey's* Versuchen beobachtete Abnahme der Leistungsfähigkeit nicht auf Verarmung des Blutes an Brennmaterial bezogen werden kann; denn die zur Arbeitsleistung verbrauchten 6 mgr. Zucker entsprechen einem Procentsatz von 0,0012 %, und ist es daher kaum möglich, dass es auf die Leistungsfähigkeit eines Muskels von Einfluss sein wird, ob derselbe mit Blut von 0,15 % oder 0,149 % Zuckergehalt durchspült wird.

Ferner ist schon längst durch Versuche am isolirten Froschmuskel bekannt, dass die allmähliche Verminderung der Leistungsfähigkeit in erster Linie nicht auf Rechnung der Erschöpfung des zum chemischen Prozesse bereitliegenden Brennmaterials zu bringen ist. Ein Muskel nämlich, bei dem durch Ermüdung die Zuckungshöhe schon sehr beträchtlich abgenommen hat, kann noch sehr viele Zuckungen von kleinerem Betrage ausführen. Es muss also in ihm sicher noch weit mehr Brennmaterial vorrätig sein, als bei einer noch so energischen Zuckung verbraucht wird. Die Unfähigkeit des ermüdeten Muskels zu Contraktionen von der ursprünglichen Ausgiebigkeit beruht offenbar darin, dass die von den früheren Erregungen herrührenden Zersetzungsprodukte ein Hindernis für die Zusammenziehung bilden. Dies wird dadurch noch wahrscheinlicher, dass ein stark ermüdeter Muskel zu

stärkeren Zusammenziehungen wieder befähigt wird, wenn man ihn mit 0,6 % Kochsalzlösung ausspült. Noch besser wird dies erreicht, wenn der Kochsalzlösung Sauerstoffhämoglobin beigemischt ist, wodurch vielleicht die störenden Zersetzungsprodukte weiter oxydirt und in leichter ausspülbare Verbindungen verwandelt werden. So ist auch wohl bei den Versuchen am Menschen die Anhäufung dieser Zersetzungsprodukte und nicht die Abnahme des Brennmaterials als für die geringere Arbeitsleistung verantwortlich zu machen, vorausgesetzt, dass zwischen den einzelnen Kurven die Zeit der Erholungspausen zu klein ist, um die gebildeten Verbrennungsprodukte wegzuspülen. Dass im vorliegenden Falle die Erholung des ermüdeten Muskels dadurch erklärt werden kann, dass durch die Zufuhr von Zucker oder Alkohol die Ausspülung der Zersetzungsprodukte gefördert werde, daran ist wohl sicher nicht zu denken. Betrachtet man nun dagegen die Resultate der Untersuchungen *Freys,* so wird sich wohl jedem der Gedanke aufdrängen, dass hier psychische Einflüsse mitwirkten. Zu erwähnen sind ferner noch die mit ganzen Truppenteilen angestellten Massenexperimente, die ergeben haben, dass durch Alkoholrationen die Leistungsfähigkeit unter keinen Umständen erhöht, sondern meist deutlich vermindert wird. Hierher gehört auch das Verhalten der Sportsleute, die sich, wenn es gilt körperliche Anstrengungen zu leisten, jeglichen alkoholischen Getränkes enthalten, jedenfalls belehrt durch die Erfahrung, dass Stärkung durch Alkohol eine Täuschung ist.

Im Anschluss hieran sei noch zweier Abhand-

lungen Erwähnung gethan, die kurz vor Beendigung meiner Arbeit veröffentlicht wurden.

Die eine von Dr. *Koch* erstreckt sich auf Feststellung der normalen Tages-Ermüdungskurve, auf den Einfluss von psychischen Momenten, Cocain und Coffein Genuss.

In seiner Einleitung spricht Verfasser von der Wirkung der Uebung auf die Ermüdungskurve, und kommt dabei zu dem Schlusse, dass die Uebung einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Ermüdungskurve eines arbeitenden Muskels ausübt, oder mit anderen Worten: in einem an Arbeit gewöhnten Muskel wird nicht so schnell die Ermüdung auftreten, wie in einem an Arbeit nicht gewöhnten.

Dies führe ich hier nur an, weil Dr. *Frey* in seiner Abhandlung erwähnt, dass er an sich die meisten Versuche angestellt habe und infolge der dadurch erlangten Uebung ziemlich regelmässige Kurven gezogen habe, wonach nicht ausgeschlossen ist, dass infolge der erlangten Uebung und grösseren Ausdauer die Kurven besser ausfielen.

In einem anderen Abschnitt seiner Abhandlung „Ueber den Einfluss der Psyche auf die Ermüdungskurve" erwähnt Dr. *Koch*, dass, wenn er eine Serie von Kurven bis zur völligen Erschöpfung gezogen hatte, es möglich war durch Ermunterung, Zuruf oder energische Aufforderung ohne Erholungspause eine Serie, oft sogar ein zweites Mal, wenn auch mit geringerem Erfolge zu ziehen. Sehr viel wirksamer aber erwiesen sich suggestive Einflüsse. Es sei hier folgendes Beispiel angeführt: Nachdem Dr. *Koch* die

erste vollständige Ermüdungskurve aufgenommen hatte, wurden ihm sofort 3 Boluspillen zum Einnehmen verabreicht. Er nahm die Pillen in dem Glauben, dass ihm irgend eine Arznei in denselben verabreicht werde. Nach 2 Minuten schrieb er wieder eine Ermüdungskurve; der Erfolg war ein sehr auffallender, denn die erschöpfte Arbeitskraft nahm sofort wieder so erheblich zu, dass er im Stande war, noch eine Kurve zu schreiben. Diese Leistung muss unbedingt dem rein psychischen Einfluss zugeschrieben werden, da die völlig indifferente Pillenmasse natürlich gar keine chemische und kaum eine mechanische Wirkung ausüben konnte. Solche Versuche wurden stets mit gleichem Erfolge wiederholt und zwar nicht allein mit Boluspillen, sondern auch ebenso mit Brodpillen. Diese von Dr. *Koch* gemachte Beobachtung unterstützt einmal unsere Behauptung, dass, wenn es sich um menschliche Willkür handelt, schwerlich der Einfluss der Suggestion auszuschliessen ist und bestärkt mich in meiner Annahme, dass die günstigen Resultate Dr. *Freys* doch wohl auf Suggestion beruhen dürften, sodann kann dadurch die von Dr. *Frey* aufgestellte Behauptung, dass bei seinen Versuchen von Suggestion nicht die Rede sein könnte, wohl in Frage gestellt werden.

Die zweite Abhandlung bringt von Prof. *Zuntz* und *H. Schumburg* angestellte Versuche über den Einfluss des Zuckergenusses auf die Leistungsfähigkeit der Muskulatur. Auf Veranlassung der Medicinalabteilung des Kriegsministeriums sollte festgestellt werden, ob den Versuchen *Ug. Mossos* entsprechend

der Genuss selbst kleiner Dosen Zuckers dazu ausreiche, den ermüdeten Muskel zu neuen Leistungen zu befähigen.

Auch hier wird erwähnt, dass, da *Mosso* an sich selbst und an Collegen experimentirte, selbst gegen den Willen der Experimentatoren das psychische Moment sich geltend machte und die Arbeit erhöhte. *Schumburg* liess seine mit den Versuchen vollständig unbekannte Person an einem Tage 200 ccm. einer süssen Flüssigkeit trinken; an einem Tage enthielt diese 30 grm. Zucker, an den nächsten eine genau die gleiche Süsse hervorbringende Menge Dulcin (0,25 grm.), welches in dieser Menge für den Stoffwechsel indifferent ist. Das Ergebnis der Versuche war, dass bald an den Zuckertagen, bald an den Dulcintagen die Arbeitsleistung eine grössere war. Erst wenn die Versuchsperson vor der Ergographenarbeit ganz gewaltige körperliche Anstrengungen des ganzen Körpers vollbrachte, war die Arbeitsleistung an den Zuckertagen eine bessere. Unterblieb vorher die körperliche Anstrengung, so war wieder bald an den Zucker-, bald an den Dulcintagen eine bessere Leistung vorhanden.

Schumburg erklärt dies wie folgt: „Die Leistung des zu den Versuchen benutzten M. flex. digiti tertii beträgt etwa 5—6 kgm., eine Leistung, welche von dem im Blute kreisenden Traubenzucker so wenig verbraucht, dass es ganz gleichgültig ist, ob noch mehr Zucker in den Magen und das Blut eingeführt wird. Anders ist es, wenn durch eine gewaltige Arbeit aller im Blut vorhandene Zucker verbraucht

ist; dann erst kann der eingeführte Zucker seine Wirkung entfalten, während an den Dulcintagen die Leber das Blut doch nicht so schnell versorgen kann. Der Zucker ist also selbst in kleineren Mengen wohl geeignet den stark erschöpften Muskel schnell zu neuen Kraftleistungen zu befähigen. Dass das Resultat dieses Versuches dasselbe besagt, wie die von Prof. Dr. *Fick* aufgestellte und im Anfange erwähnte Theorie, ist ausser Zweifel; es ist aber ebenso klar, dass die Versuchsergebnisse *Frey's* daran keine Stütze finden.

Durch diese Erwägungen veranlasst, beauftragte mich Herr Prof. *Fick,* die Angaben von Dr. *Frey* in einer besonderen Untersuchung nachzuprüfen.

Da der zu meinen Versuchen verwendete Apparat anderer Construktion ist als der von *Frey* benutzte, so möchte ich eine kurze Beschreibung desselben vorausgehen lassen.

Mit dem *Mosso'*schen Ergographen habe ich die Untersuchungen nicht angestellt, weil mir im hiesigen Institut ein anderer von Prof. *Fick* konstruirter Apparat zur Verfügung stand, der sich für dieselben Zwecke durch geringe Umänderungen herrichten liess. Bei diesem Apparat werden nicht die Fingerbeuger, sondern der muscul. interosseus primus externus zur Arbeitsleistung benutzt; ursprünglich diente der Apparat dazu, um die Spannung des Muskels bei gehemmter Verkürzung zu registriren, und ist er zu diesem Zwecke folgendermassen gebaut.

In einem prismatischen Holzständer ist ein Einschnitt eingefügt, in welchen gerade die Mittelhand der Versuchsperson ohne Zwang eingelegt werden

kann, und mit der Kleinfingerseite im abgerundeten Grund des Spaltes ruht; der Daumen ist gegen die eine Seitenwand des Spaltes angestemmt. Die Mittelhand ist dadurch ausreichend fixirt. Ueber den wagrecht hervortretenden Zeigefinger wird ein Bügel aus hartem Eisendraht gehängt, durch den die drei übrigen Finger frei durchragen. Der Bügel liegt auf dem Zeigefinger da auf, wo sich das Gelenk zwischen 2. und 3. Phalanx befindet. Am unteren Ende ist an dem Drahtbügel ein Blechstreifen befestigt, der mit einem Ausschnitt unter einer Nase angreift. Diese befindet sich an der Achse eines Spannungszeichners, von derselben Beschaffenheit, wie sie Prof. *Fick* für Versuche an Froschmuskeln angegeben hat. Zu meinen Zwecken wurde der Apparat dahin umgeändert, dass das untere Ende des Bügels nicht mit der Nase des Spannungszeichners verbunden wurde, sondern dass an dasselbe eine Wagschale gehängt war, die mit den zu hebenden Gewichten belastet wurde. Der Muskel konnte sich nun verkürzen und durch Hebung des Gewichtes Arbeit leisten. Damit die Erhebungen registrirt werden konnten, war an das untere Ende des Bügels ausserdem noch das eine Ende eines zweiarmigen Hebels befestigt, der sich um eine Achse drehte, und dessen anderer Arm an seinem Ende mit einer Zeichenspitze versehen war, die die Erhebung des Gewichtes in 1,2 facher Vergrösserung an eine rotirende Trommel anzeichnete.

Neben dieser Aufstellung wurde noch ein Metronom verwendet, nach dessen Takt die Versuchsperson das Gewicht abwechselnd zu heben und wieder zu senken hatte.

Versuchspersonen waren Prof. *Fick*, Privatdocent Dr. *Schenck* und ich.

Die zunächst angestellten Experimente sind eine Reihe von Zuckerversuchen. Bevor ich die Resultate der einzelnen Versuche anführe, möchte ich hier die ausführliche Beschreibung eines Zuckerversuches folgen lassen.

Die Versuchsperson brachte die Mittelhand in den Ausschnitt des oben in der Beschreibung des Apparates erwähnten Holzständers. Der Zeigefinger wurde dann mit einer Blechhülse armirt, an der dann die Wagschale mit dem zu hebenden Gewichte, im gegebenen Falle 1 kgr., befestigt wurde.

Die Versuchsperson begann alsdann eine Kurve zu ziehen nach dem Takte eines Metronoms derart, dass jedesmal nach je einer Sekunde Zwischenpause eine Contraction durch 1 Sekunde hindurch folgte; in dieser Art und Weise arbeitete der Muskel ununterbrochen weiter, bis er vollständig ermüdet und keiner weiteren Arbeitsleistung mehr fähig war. Während der Muskel diese Kurve zog, leistete er eine Arbeit von 0,16 kgrm. Auf diese vollständige Erschöpfung des Muskels folgte eine Erholungspause von 1 $^1/_2$ Minuten. Nachdem sich der Muskel wieder erholt hatte, wurde eine zweite Kurve gezogen, wobei der Muskel ebenfalls bis zur äussersten Grenze der Leistungsfähigkeit angestrengt wurde, und ebenso nach einer abermaligen Pause von 1 $^1/_2$ Minuten eine 3. Kurve unter denselben Bedingungen, die bei Anfertigung der ersten Kurve berücksichtigt wurden; die in den beiden letzten Fällen geleistete Arbeit

betrug 0,09, und in der letzten Kurve 0,101. Sofort nach eingetretener Erschöpfung wurde die Zuckerlösung getrunken und nach einer Pause von 1 1/2 Minuten eine neue Kurve gezogen unter Einhalten des gleichen Rythmus wie der gleichen Erholungspausen und desselben Gewichtes wie in den 3 ersten Kurven. Es wurden nach der Zuckeraufnahme 3 Ermüdungskurven angefertigt, und dabei betrug die geleistete Arbeit 0,075, 0,055, 0,04 kgm, an welchen Resultaten die von Dr. *Frey* aufgestellten Behauptungen keineswegs eine Stütze finden. Hier möchte ich noch zweier Versuche Erwähnung thun, bei denen die Resultate im Gegensatz zu allen übrigen Resultaten unserer Versuche nach Zuckeraufnahme eine Vermehrung der Arbeitsleistung aufweisen. Diese günstigen Resultate sind jedoch nicht als eine Folge der Neustärkung des Muskels durch Zuckeraufnahme zu betrachten, sondern darauf zurückzuführen, dass in beiden Fällen die Versuchspersonen durch Zureden beeinflusst wurden, so dass sie durch Aufbieten aller Kräfte mehr zu leisten im Stande waren; beide Versuche wurden in der beschriebenen Art und Weise ausgeführt und sind bei der folgenden Aufführung der Resultate mit Nummer V. und VII. bezeichnet, wo ich nochmals darauf zurückkommen werde.

Nachdem ich nun die Einrichtung des Apparates als auch die Methode, nach welcher die Kurven angefertigt wurden, mitgeteilt habe, möchte ich hier die Resultate unserer Versuche zunächst der Zucker, dann der Alkoholversuche folgen lassen. Einzelne Kurven folgen am Schlusse der Arbeit.

Resultate der Zuckerversuche.

I. Versuch.

Gewicht: 800 gr. Erholungspausen $1^1/_2$'. Ausgeführt von Privatdocent Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,103, 0,06, 0,115, 0,113.

Nach der Zuckeraufnahme:

0,1104, 0,09, 0,088.

II. Versuch.

Gewicht: 1 kgr. Erholungspausen $1^1/_2$'. Ausgeführt von Privatdocent Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,16, 0,09, 0,101.

Nach Zuckeraufnahme:

0,075, 0,055, 0,04.

III. Versuch.

Gewicht: 900 gr. Erholungspausen 1'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,0776, 0,0735, 0,0566, 0,0435.

Nach Zuckeraufnahme:

0,0461, 0,0337, 0,0338, 0,01987.

IV. Versuch.

Gewicht: 1050 gr. Erholungspausen 1'. Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,4226, 0,13606, 0,1365.

Nach Zuckeraufnahme:

0,1373, 0,0923, 0,0743, 0,07.

V. Versuch.

Gewicht: 1 kgr. sodann 1150 gr. Pause $1^1/_2$'.

Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,103, 0,134 (1000 gr.) 0,06804, 0,11404, 0,06804 (1150 gr.)

Nach Zuckeraufnahme:

0,1015, 0,0987, 0,0714.

Es ist das der eine der beiden Versuche, auf die bereits oben hingewiesen wurde; es ist damals erwähnt worden, dass sich bei diesen Versuchen die Beeinflussung der Person durch Zureden geltend mache, wie auch aus dem Resultate hervorgeht, indem die Versuchsperson nach der Zuckeraufnahme durchschnittlich Besseres leistete.

VI. Versuch.

Gewicht: 1 kgr. Erholungspausen $1^1/_2$'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,223, 0,0583

Nach Zuckeraufnahme:

0,04166, 0,0583.

Das günstige Resultat dieses Versuches ist auf eine zu grosse Pause zwischen den beiden Kurven nach der Zuckeraufnahme zurückzuführen.

VII. Versuch.

Gewicht: 850 gr. Erholungspausen $1^1/_2$'. Ausgeführt von Prof. Dr. *Fick*. Arbeitsleistung vor Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,2433, 0,0935, 0,0704, 0,058.

Nach Zuckeraufnahme:

0,0743, 0,075, 0,082.

Es ist das der zweite der oben angeführten Versuche, bei dem die Person, unter dem Einfluss des Zuredens stehend, durch gewaltige Anstrengung bessere Arbeit zu leisten im Stande war.

Alkoholversuche.

VIII. Versuch.

Gewicht: 900 gr. Erholungspause 1 1/2'. Ausgeführt von Dr. *Schenck* und zwar wurde zuerst Alkohol und später Zucker genommen. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme:

0,1402, 0,1245, 0,0896, 0,07875, 0,0517.

Nach Alkoholaufnahme:

0,06187, 0,0487, 0,03075, 0,0315.

Nach Zuckeraufnahme:

0,02513, 0,02025, 0,01687, 0,0105.

IX. Versuch.

Gewicht: 1 kgr. Pause 1 1/2'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor Aufnahme von Wein:

0,1616, 0,0783, 0,07041.

Nach Aufnahme von Wein:

0,04833, 0,045, 0,0516.

X. Versuch.

Gewicht: 800 gr. Pause 1'. Ausgeführt von Prof. Dr. *Fick*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein):

0,052, 0,0233, 0,028, 0,0273.

Nach Alkoholaufnahme:

0,0256, 0,0133.

XI. Versuch.

Gewicht: 1 kgr. Pause 1 1/2'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,2166, 0,13916, 0,1079.

Nach Alkoholaufnahme:

0,10208, 0,0895, 0,05625.

XII. Versuch.

Gewicht: 900 gr. sodann 1 kgr. Pause $1^1/_2$'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistusg vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,10613, 0,156, 0,0825.

Nach Alkoholaufnahme:

0,0516, 0,04, 0,0383.

XIII. Versuch.

Gewicht: 700 gr. Pause $1^1/_2$'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,05366, 0,05716, 0,05542, 0.07787.

Nach Alkoholaufnahme:

0,0525, 0,05775, 0,04375.

XIV. Versuch.

Gewicht 1050 gr. Pause 1'. Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. augedrückt:

0,03806, 0,035, 0,0525, 0,05294.

Nach Alkoholaufnahme:

0,03719, 0,04506, 0,04462, 0,028, 0,02669.

XV. Versuch.

Gewicht: 1050 gr. Pause 1'. Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,06037, 0,07875, 0,06519.

Nach Alkoholaufnahme:

0,05163, 0,05556, 0,05556, 0,07, 0,063.

Auch bei diesem Versuche macht sich der Einfluss der Suggestion geltend, indem die Versuchsperson fortwährend durch Zureden angespornt wurde.

XVI. Versuch.

Gewicht: 1050 gr. Pause 1'. Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,03544, 0,00389, 0,03675.

Nach Alkoholaufnahme:

0,01443, 0,02013, 0,01312, 0,01575.

XVII. Versuch.

Gewicht: 1050 gr. Pause 1'. Ausgeführt von *Heck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,03325, 0,05206.

Nach Alkoholaufnahme:

0,035, 0,03718, 0,02931.

XVIII. Versuch.

Gewicht: 800 gr. Pause $1\frac{1}{2}$'. Ausgeführt von Dr. *Schenck*. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme (Wein) in kgrm. ausgedrückt:

0,0906, 0,02966.

Nach Alkoholaufnahme:

0,0266, 0,0176, 0,014, 0,0106.

Hiemit ist die Aufzählung der von uns angestellten Versuche beendet.

Ein Vergleich der Resultate dieser Versuche ergibt nun keineswegs, weder nach Zucker noch nach Alkoholaufnahme, die von Dr. *Frey* in seinen Experimenten durchgängig beobachtete Steigerung der Arbeitsfähigkeit nach Zucker- oder Alkoholzufuhr; ausgenommen sind hier, wie schon früher erwähnt, diejenigen unserer Versuche, bei denen die Versuchsperson direkt durch Suggestion beeinflusst wurde,

oder bei denen zwischen den einzelnen Kurven zu grosse Pausen stattfanden. Die Ergebnisse beider Arbeiten stehen also gerade im Gegensatz zu einander; wie wäre aber wohl zu erklären, wodurch *Frey* zu seinen günstigen Resultaten gelangte? Wie ich schon weiter oben angeführt habe, bemerkt Dr. *Frey* in seiner Arbeit, dass er an sich die meisten Versuche angestellt und dadurch eine gewisse Uebung erlangt habe ziemlich regelmässige Kurven zu ziehen. Dass nun diese Uebung auf die Beschaffenheit der Ermüdungskurve sicherlich von Einfluss ist, dieser Ansicht ist auch Dr. *Koch*, von dessen Arbeit oben einiges angeführt wurde, denn nach seiner Meinung tritt in einem an Arbeit gewöhnten Muskel die Ermüdung weniger rasch auf als in einem an Arbeit nicht gewöhnten. Mag nun diese Uebung von mehr oder weniger Einfluss auf die Beschaffenheit der Ermüdungskurve sein, so ist es doch hauptsächlich noch ein anderer Faktor, der in Vereinbarung mit dieser Uebung wohl das Hauptmoment abgibt, und das ist die Suggestion. Dr. *Frey* führt an, dass er an sich die meisten Versuche angestellt habe, er wusste ferner, worauf es bei seinen Versuchen ankam; er glaubte auch wohl nach Zucker- oder Alkoholzufuhr mit einer gewissen Zuversicht Besseres leisten zu können. So darf man wohl annehmen, dass, wie bei einzelnen unserer Versuche die betreffende Person sich durch Zureden beeinflussen liess, so bei *Frey* die Autosuggestion dasselbe bewirkte, und er sich im Glauben an die stärkende Wirkung des Zuckers oder Alkohols selbst zu forcirten Anstrengungen veranlasste. Es soll hiemit *Frey* durchaus kein Vorwurf gemacht werden, es ist aber

auch jedenfalls seine Behauptung nicht gerechtfertigt, dass in seinen Versuchen jeder Einfluss von Suggestion von der Hand zu weisen sei, denn wo menschliche Willkür ins Spiel tritt, ist es doch wohl unmöglich, jede Wirkung der Suggestion mit absoluter Sicherheit auszuschliessen.

Hier muss ich nochmals auf die schon wiederholt erwähnte Arbeit von Dr. *Koch* zurückkommen, der in seiner Abhandlung über den Einfluss der Psyche auf die Ermüdungskurve spricht, und dabei erwähnt, dass er nach vollständiger Ermüdung durch energische Aufforderung im stande war ohne Erholungspause eine weitere und häufig noch eine zweite Kurve zu ziehen, ein Resultat, das vollständig mit dem in einzelnen unserer Versuche beobachteten übereinstimmt; was ferner die Suggestion und die suggestiven Einflüsse auf die Ermüdungskurve anlangt, so dürfte sich Dr. *Koch,* wie aus seinen Versuchen zu schliessen ist, wohl der von mir ausgesprochenen Ansicht anschliessen. Fassen wir zum Schlusse das Ergebnis unserer Betrachtungen und Versuche, sowie das der beiden angeführten Abhandlungen zusammen, so darf wohl die Behauptung aufrecht erhalten werden, dass der von Dr. *Frey* aufgestellte Satz:

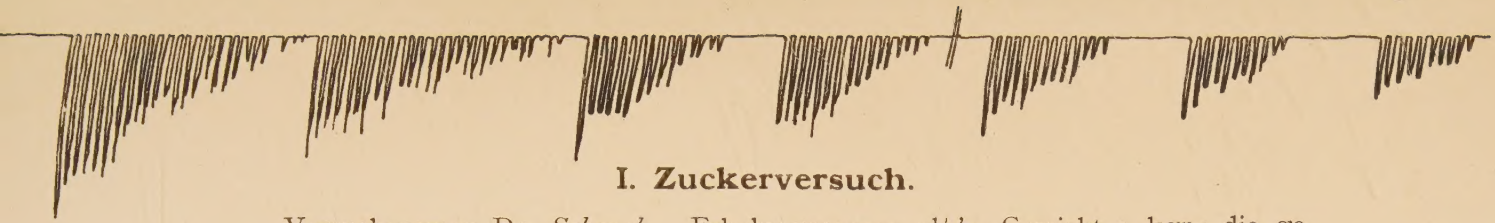
> „Beim ermüdeten Muskel steigert der mässige Alkoholgenuss die Arbeitsleistung bedeutend, indem er dem Muskel neues Brennmaterial zuführt."

nicht erwiesen ist.

Als der experimentelle Teil der vorliegenden Arbeit schon abgeschlossen war, erschien eine andere Abhandlung von *Destrée,* die über denselben Gegenstand

handelt. *Destrée* hat die Versuche *Frey's* auch nachgemacht, und ist dabei zu Ergebnissen gekommen, die von denen *Frey's* wesentlich abweichen. Zwar hat er auch unmittelbar nach der Aufnahme von Alkohol einen günstigen Einfluss auf die Arbeitsleistung gefunden, aber nicht nur beim ermüdeten Muskel sondern auch beim unermüdeten. Und diese Steigerung der Arbeitsfähigkeit dauerte nur sehr kurze Zeit an, um darnach einer erheblichen Verminderung Platz zu machen. Die Muskelleistung erreicht ungefähr eine halbe Stunde nach Aufnahme des Alkohols ein Minimum, das durch neue Dosen Alkohol auch nur schwer gehoben wird. Gegenüber der lähmenden Wirkung des Alkohols tritt daher die anfängliche Steigerung der Leistungen sehr zurück, und im Ganzen ist die Arbeitsleistung nach Alkoholeinfuhr geringer als ohne Alkoholeinfuhr. Diese Angaben *Destrée's* bestärken uns in unserer Ansicht, dass die Steigerung der Leistungsfähigkeit nach Alkoholaufnahme in *Frey's* Versuchen lediglich durch Suggestion bewirkt war, und nicht durch die vermehrte Zufuhr von Brennmaterial zum Muskel. Denn dass der Alkohol in etwa 3 Minuten nach seiner Aufnahme schon ganz resorbirt und für die gesteigerte Muskelleistung verwendet worden ist, ist doch kaum denkbar. *Destrée* fasst die Resultate seiner Untersuchung wohl auch so auf wie wir, indem er sagt, dass der Alkohol für kurze Zeit das Ermüdungsgefühl unterdrücke. Zum Schlusse möchte ich aus unserer Versuchsweise die Kurven zweier Versuche, je eines Zucker- und Alkoholversuches, beifügen.

Z Schenk, Zucker 1½ P 1 kgr.



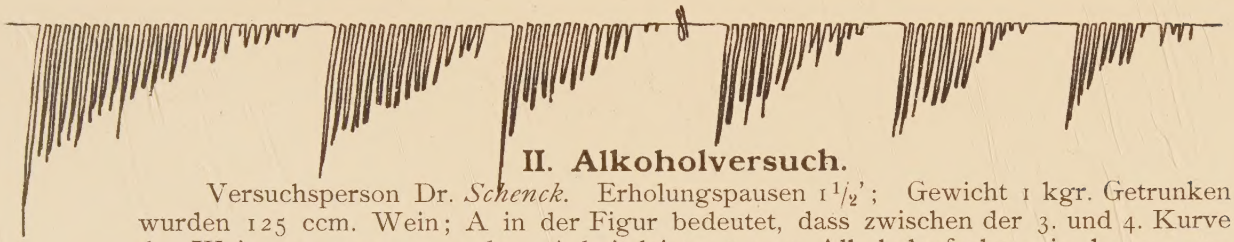
I. Zuckerversuch.

Versuchsperson Dr. *Schenck*. Erholungspausen 1½'; Gewicht 1 kgr.; die genommene Zuckermenge betrug 20 gr. Z in der Kurve bedeutet, dass zwischen der 3. und 4. Ermüdungskurve der Zucker genommen wurde. Arbeitsleistung vor der Zuckeraufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,16, 0,09, 0,101.

Nach Zuckeraufnahme: 0,075, 0,055, 0,04.

A. Sch. Wein 1 kgr. 1½' P.



II. Alkoholversuch.

Versuchsperson Dr. *Schenck*. Erholungspausen 1½'; Gewicht 1 kgr. Getrunken wurden 125 ccm. Wein; A in der Figur bedeutet, dass zwischen der 3. und 4. Kurve der Wein genommen wurde. Arbeitsleistung vor Alkoholaufnahme in kgrm. ausgedrückt:

0,2166, 0,13916, 0,1079.

Nach Alkoholaufnahme: 0,10208, 0,0895, 0,05625.

Zum Schlusse gestatte ich mir meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. *Fick*, für die Uebernahme des Referates und Herrn Privatdocenten Dr. *Schenck* für die Anregung zu dieser Arbeit und die liebenswürdige Unterstützung bei derselben meinen wärmsten Dank auszusprechen.